

Flip Top Cap의 웰드라인 위치조정을 위한 사출성형조건의 최적화

서금희*, 송병욱*, 조지현*, 서태일*, 이정원**, 신장순***

*인천대학교 기계시스템공학부 기계로봇전공

**한국생산기술연구원 정밀금형팀

*** (주)알케미 몰드 앤 플라스틱

e-mail:tiseo@incheon.ac.kr

Optimization of Injection Process Conditions For Control of Weldline Positions on Flip Top Cap

Keum-Hee Seo*, Byeong-Uk Song*, Ji-Hyun Cho*, Tae-Il Seo*, Jeong-Won Lee**, Jang-Soon Shin***

*Div. of Mechanical System Eng., Major of Mechanical Eng. and Robotics, University of Incheon, Korea

**Precision Mold Team, Korea Institute of Industrial Technology, Korea

***Alchemy Mold & Plastic Ltd. Korea

요 약

Flip top cap은 경량성, 가공성, 내식성 우수하여 최근에 생활 용기 뚜껑으로 많이 활용되고 있다. Flip top cap은 사출성형에 의해 제작되며 사출성형 과정에서 힌지부분에 웰드라인(Weldline)이 형성되어 기계적 강도가 떨어지게 된다. Flip top cap은 생활용기에 사용되며 실제생활에서 많은 작동을 요구하기 때문에 힌지부분의 웰드라인은 제품불량에 큰 원인이 된다. 또한 Flip top cap은 생산성을 높이기 위해 멀티캐비티(Multi-cavity) 사출방식을 선호한다. 멀티캐비티 방식은 높은 사출압력을 요구하기 때문에 사출품의 불량과 사출기에 많은 부하가 예상된다. 본 연구에서는 게이트 위치를 조정함으로써 사출품 힌지부분에서 발생할 수 있는 웰드라인을 품질에 영향이 없는 곳으로 이동시키고 최적의 사출 압력을 찾기 위한 유동해석을 통해 최적의 사출조건을 도출함으로써 Flip top cap의 기계적 품질과 제품 생산성 향상을 위한 연구가 수행되었다.

1. 서론

Flip Top Cap은 그림 1에서 보여주는 바와 같이 뚜껑의 개폐가 많이 요구되는 용기의 뚜껑으로 각종 생활 용기의 캡(Cap)으로 많이 쓰이고 있는 제품이다. 요즘 소비자들은 생활용기를 가벼운 플라스틱으로 선호하면서 생활용기는 점점 플라스틱 사출품으로 변화하고 있다. Flip Top Cap은 제품구조 특성상 사출시 힌지부분을 지나면서 사출수지의 유동흐름이 3방향으로 나누어지고 다시 만나면서 웰드라인(Weldline)이 형성될 가능성이 있다[1]. 제품의 힌지 부위에 웰드라인이 생성되면 사출품의 힌지 부분에서 노치효과로 인하여 응력집중이 발생하고 개폐가 잦은 Flip Top Cap의 특성상 기계적 강도와 내구성이 현저히 줄어들게 된다[2]. 본 연구에서는 사출품의 불량을 일으키는 웰드라인을 완전히 제거할 수는 없지만 게이트(Gate) 위치를 조절하여 웰드라인을 힌지부에서 제품의 품질에 영향이 없는 부위로 이동시키고자 한다. 또한 Flip Top Cap은 사출 설계를 고려할 때 고생산성을 구현하기 위하여 멀티캐

비티(Multi-cavity) 금형시스템을 이용하여 사출공정을 수행하여야 한다. 멀티캐비티를 적용할 경우 런너와 게이트의 증가로 인해 수지의 유동성이 저하되어 높은 사출압력이 요구된다. 또한 사출 압력이 높아지면서 제품의 불량과 사출기의 부하가 증가한다[3]. 이러한 증가를 줄이기 위해 최적의 사출압력을 찾아 주어야 한다. 본 논문에서는 MoldFlow를 이용한 유동해석을 통하여 사출 압력에 영향을 많이 주는 사출조건을 최적의 사출압력을 찾는 연구가 수행되었다.



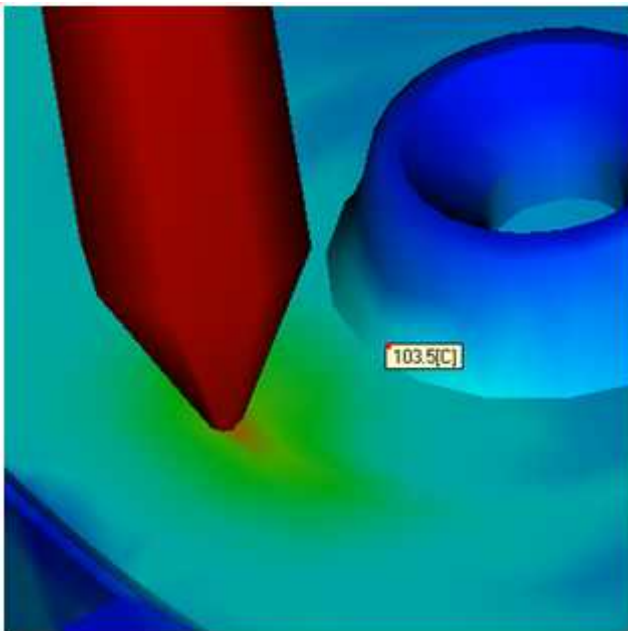
[그림 1] Flip Top Cap

일반적으로 사출속도에 대한 사출압력은 U형태의 분포로 나타낸다. 사출속도가 빠르면 유동선단의 온도가 상승하여 점도는 낮아지고 고화층의 두께는 줄어들지만 고화층과 유동층 사이의 마찰저항이 크게 증가하여 오히려 사출압력이 증가하는 경우가 있다. 반대로 사출속도가 느리면 열의 발생보다 열의 손실이 더 커서 유동선단의 온도가 강하하여 점도가 증가하게 되며 고화층의 두께가 증가하여 사출압력의 상승한다. 사출제품의 변형 측면에서도 사출압력이 낮을수록 사출 후 제품에 작용하는 잔류응력의 크기가 작아진다[4]. 사출압력은 사출시간에 영향을 많이 받기 때문에 본 연구에서는 MoldFlow를 통해 사출시간을 조정하여 사출압력 해석을 수행하였다.

2. 게이트 위치설계와 사출해석

2.1 게이트 위치선정

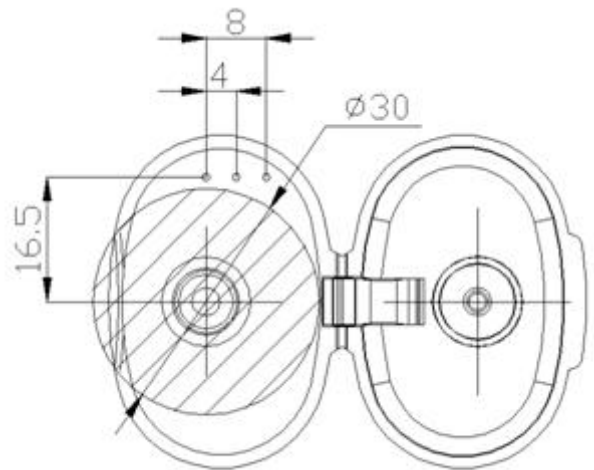
성형제품이 구조상 양쪽 대칭이므로 게이트 선정 위치를 한쪽면만 생각할 수 있다. 게이트의 타입은 Hot-Runner 방식으로 이 방식의 문제점은 사출 공정이 끝난 후에 사출품의 입구 부분이 열적 영향으로 천이온도 이상 올라가게 되어 사출품의 불량으로 이어지고 이는 곧 생산량 저하로 이어지게 된다[5]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 사출품의 입구와 게이트의 적정거리를 선정하기로 한다.



[그림 2] Hot-Runner에 의한 성형품의 온도분포

그림 2는 성형품 사출 후에도 천이온도 이상 올라가는 결과를 보여준다. 열적영향을 받지 않기 위해

그림 3과 같이 사출품 입구중심을 기준으로 $\varnothing 30\text{mm}$ 안쪽 범위는 제외 하였다. 열적영향을 받지 않고 최적의 사출 게이트를 적용하기 위해 성형품 입구에서 Y축 방향으로 16.5mm X축 방향으로 4mm 간격으로 서로 다른 세 가지 위치를 선정하고 A-type, B-type, C-type이라 명하였다.



[그림 3] 게이트 위치 선정

2.2 사출성형 해석방법

사출성형품의 성형해석을 수행하기 위해 성형해석 프로그램 MoldFlow를 통해 사출품에 사용되는 수지는 LG Chemical(ABS TR557)을 선택하였다. 3가지의 게이트 타입을 적용한 사출해석 결과를 비교하여 최적의 게이트를 선정하고 최적의 게이트에 대한 최적의 사출 시간을 분석하였다. 해석을 위해 사용한 변수는 표 1과 같다.

[표 1] 성형해석 조건

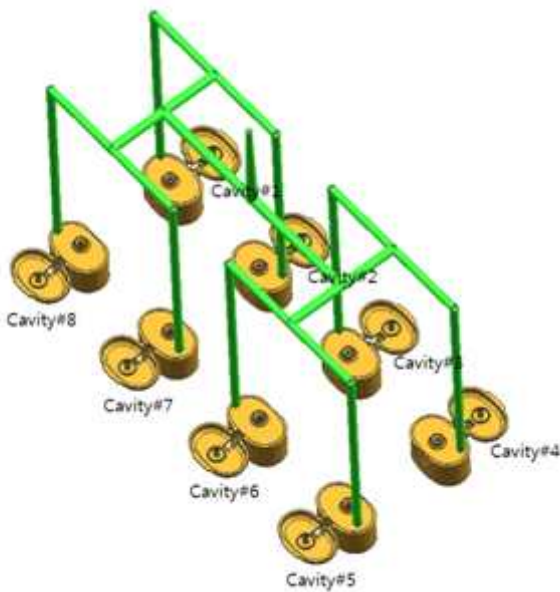
Melt temperature	230°C
Mold temperature	60°C
Coolant temperature	50°C
Transition temperature	99°C
Velocity/Pressure Transition	99% of volume

사출성형 해석을 위한 메쉬(Mesh) 생성조건으로 메쉬종류는 Mid-plane 선택하며 격자의 크기(Global edge length)는 0.25mm로 하였다. 격자 생성 후 격자의 품질향상을 위해 Free edge, Non-manifold edge 존재 여부를 확인한 후 수정하였다. 형상비 (Aspect ratio) 값은 6으로 설정하였다. 스프루 (Spur)의 형상은 시작점 직경이 4mm 끝점의 직경을 8mm 길이가 80mm로 설계하고 러너의 형상은

일반적인 H형태의 러너로 직경을 7mm, 나머지 부분은 6mm로 설계하였다. 게이트형상은 시작점 직경은 0.8mm, 끝점 직경을 6mm으로 설계하였다. 냉각 시스템은 직경 8mm로 설계하고 배플(Baffle)의 직경은 10mm, 교환율(Heat transfer effectiveness) 0.5 설계하였다.

3. 사출품의 해석결과

게이트위치에 따른 충전시간, 사출속도, 사출압력, 충전종료시점의 압력은 표 2와 같다. 3가지 type에 대해서 사출해석 결과를 보면 B-type에서 사출압력 58.9MPa로 가장 적은 압력이 나타난다.



[그림 4] 8-Cavity 제품 캐비티 번호

웰드라인 분포 특징을 보면 A-type은 그림 4에 있는 캐비티 번호 기준으로 1번과 8번, 3번과 6번 캐비티에서 동일한 웰드라인이 생성되었다. 그림 5는 A-type의 2번 캐비티에서 힌지부에 웰드라인이 생성된 모습을 나타낸다.

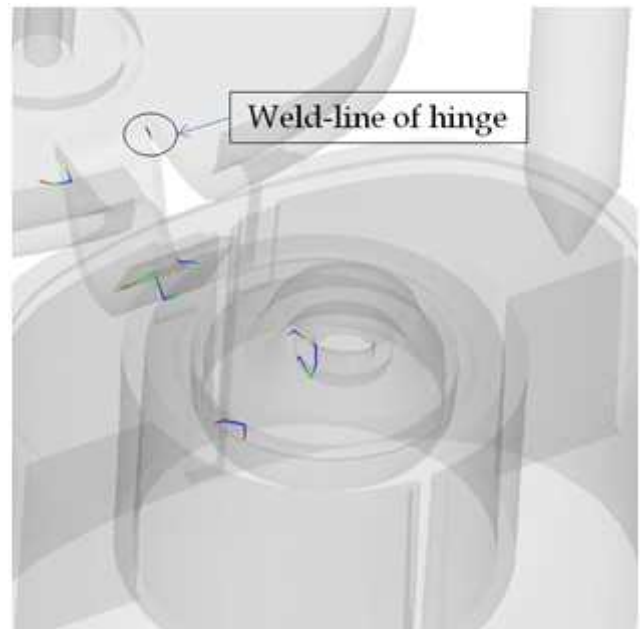
게이트 위치가 B-type일 경우 대한 웰드라인 분포 특징은 1번과 8번, 2번과 7번, 3번과 6번이 같은 위치에 웰드라인이 생성되었다. 그러나 힌지부의 웰드라인이 발생하지 않았다.

C-type에 대한 웰드라인 분포 특징은 1번과 8번이 같고 3번과 6번이 같으며 2번, 4번, 5번, 7번이 똑같은 웰드라인이 동일하게 생성되었다. 그 중 2, 4, 5, 7번의 웰드라인은 힌지부에 나타났으며 그림 6은 C-type에 2번 캐비티에 대한 힌지부의 웰드라인

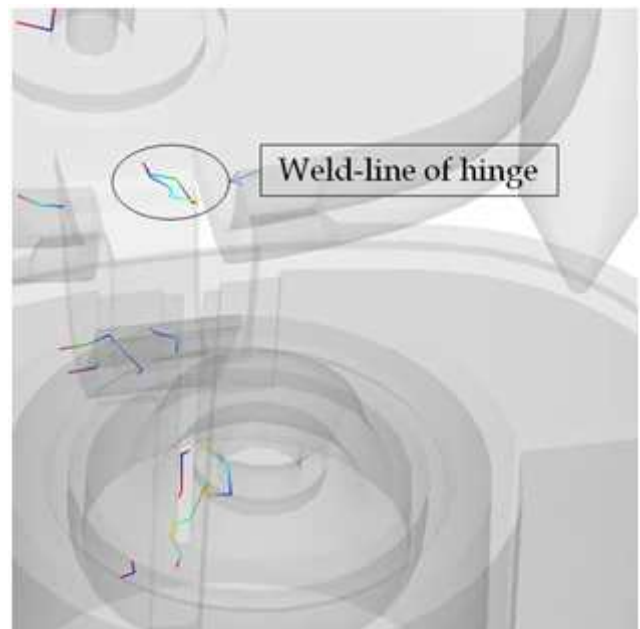
이 예측된 그림이다. 그림 7을 살펴보면 충전시간 0.7sec 일 때 유동 모습이다. 힌지와 게이트가 가장 가까운 A-type 에서 유동의 흐름이 빠른 것을 볼 수 있다.

[표 2] 충전시간 사출속도 충전종료시점의 압력

	A-type	B-type	C-type
Filltime (sec)	0.8744	0.8747	0.8774
Pressure (Mpa)	59.83	58.9	59.31
Presser at end fill (Mpa)	47.86	47.12	47.45
Injectiontime	0.7816	0.7804	0.7784

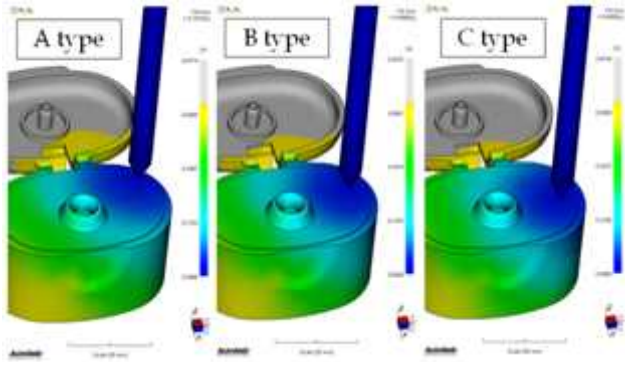


[그림 5] A-type 2번 캐비티 힌지부의 웰드라인

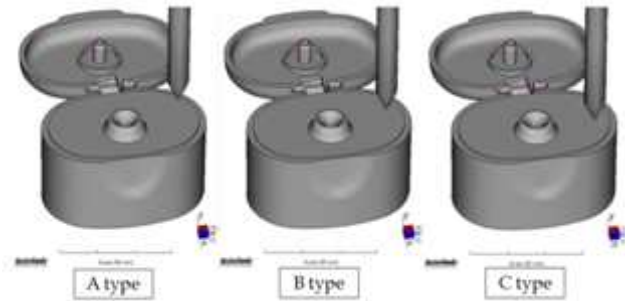


[그림 6] C-type 2번 캐비티 힌지부의 웰드라인

시간에 따라 유동흐름에 따라 달라지면서 웰드라인이 힌지부가 아닌 다른 위치에 생기는 것을 알 수 있었다. 그림 8은 공기트랩(Air-trap) 발생부위는 3가지 type 모두 거의 동일하게 형성되었다



[그림 7] Fill time 0.7sec 일때 유동분포



[그림 8] 공기트랩(Air-trap)

4. 사출시간에 따른 사출압력의 해석

최적을 게이트 위치를 가진 B-type 에 대해서 사출시간을 적용하여 낮은 압력을 도출한다. 사출시간 조건은 MoldFlow 통해 얻은 기본사출시간 0.78sec 기준으로 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2sec 적용하였다. 사출시간에 대한 압력결과는 표 3과 같다.

[표 3] 사출시간에 대한 사출압력

사출시간(sec)	사출압력(Mpa)
0.2	76
0.4	65.91
0.6	61.21
0.7804	58.9
0.8	58.7
1	66.81
1.2	70.65

5. 결론

본 연구에서는 개폐가 자주 요구되는 Flip Top Cap의 사출성형공정을 위한 멀티캐비티 금형시스템

의 설계 최적화를 위하여 사출성형해석 프로그램인 MoldFlow를 이용하여 사출성형공정조건을 최적화하는 연구과정을 소개하였다. 특히 제품의 특성상 힌지부의 웰드라인 발생은 기계적 강도와 내구성을 현저히 저하시키는 원인이 되기 때문에 이를 제품의 품질에 영향이 없는 위치로 이동시키기 위한 게이트 위치의 선정과 사출압력의 결정을 하는 과정을 보여주었다. 사출게이트의 위치변화에 따른 웰드라인 위치 이동과 최적의 사출속도 적용하여 최소사출압력을 도출한 결과 게이트 위치가 B-type 일 때 힌지부에 웰드라인이 생성되지 않으며 사출속도 0.8sec 일 때 낮은 사출압력을 도출하였다. 본 연구를 통하여 이와 유사한 형상의 제품의 사출공정에서 게이트 위치의 선정 및 사출공정 조건의 결정을 하기 위한 기초연구로 쓰일 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- [1] 박창현, and 최동훈, “사출압력 최소화와 웰드라인 방지를 고려한 사출성형품의 최적설계”, 한국자동차공학회, pp. 2553-2559, 2009.
- [2] 박근, and 서영수, “국부 금형가열에 조건에 따른 사출성형품 웰드라인의 강도 고찰”, 한국정밀공학회지, 제27권, 제 1호, pp. 105-112, 1월, 2010.
- [3] 박창현, and 표병기, “자동차용 Fog Blank Cover의 사출성형 품질 향상을 위한 2단계 설계 최적화”, 대한기계학회 CAE 및 응용역학부문 춘계학술대회 논문집, pp. 130-136, 2010.
- [4] 이정원, “다이렉트 에지 게이트를 적용한 멀티 캐비티 금형 최적 설계에 관한 연구”, 인천대학교 석사 졸업논문, pp. 18-19, 12월 2010.
- [5] 장경천, and 김일수, “핫-런너를 이용한 모터 절연체 사출금형의 최적설계”, 한국공작기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 427-432, 2008.